

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2000-514552

(P2000-514552A)

(43) 公表日 平成12年10月31日 (2000. 10. 31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 2 1 F 1/08		G 2 1 F 1/08	
C 2 2 C 1/05		C 2 2 C 1/05	A
1/10		1/10	J
32/00		32/00	Q
			H
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 17 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-504123  
(86) (22) 出願日 平成9年5月21日 (1997. 5. 21)  
(85) 翻訳文提出日 平成11年1月4日 (1999. 1. 4)  
(86) 国際出願番号 PCT/US 97/09360  
(87) 国際公開番号 WO 98/00258  
(87) 国際公開日 平成10年1月8日 (1998. 1. 8)  
(31) 優先権主張番号 08/674, 209  
(32) 優先日 平成8年7月1日 (1996. 7. 1)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)  
(81) 指定国 EP (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, L U, MC, NL, PT, SE), CA, JP, MX

(71) 出願人 アリン・コーポレーション  
アメリカ合衆国カリフォルニア州92606,  
アービン, ヘイル・アベニュー 16761  
(72) 発明者 カーデン, ロビン・エイ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州92606,  
アービン, ヘイル・アベニュー 16761,  
アリン・コーポレーション内  
(74) 代理人 弁理士 社本 一夫 (外5名)

(54) 【発明の名称】 中性子の遮蔽に應用される金属マトリックス組成物

(57) 【要約】

中性子遮蔽体は、炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料から形成されており、この複合材料は、2. 5乃至2. 8 g / c m<sup>3</sup> の密度を有すると共に、約10乃至60重量%の炭化ホウ素と、約40乃至90重量%の金属マトリックスとから成る組成を有している。金属マトリックスは、アルミニウム、マグネシウム、チタン又はガドリニウムあるいはこれらの合金である。炭化ホウ素は、金属マトリックス材と金属間結合を形成することによって金属マトリックス材のキレート特性を改善するために添加される、1又はそれ以上の金属元素を含んでいる。これら金属添加剤は、約6重量%未満の量で複合材料の中に存在する。遮蔽体は、容器又は板の形態とすることができる。

## 【特許請求の範囲】

## 1. 中性子遮蔽体であって、

炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料を含有し、該複合材料は、約10乃至60重量%の炭化ホウ素と、約40乃至90重量%の金属マトリックス材と、該金属マトリックス材と金属間結合を形成することによって前記金属マトリックス材のキレート特性を改善するために使用される、約6重量%未満の1又はそれ以上の金属添加剤とから成る組成を有しており、前記複合材料は、鑄造可能及び押し出し成形可能であって、50kpsi以上の引張強度、及び、45kpsi以上の降伏強度を有しており、前記炭化ホウ素の中のホウ素の約20%が、自然に発生する同位体B<sup>10</sup>であって、中性子を効率的に吸収するように構成されたこと、を特徴とする中性子遮蔽体。

2. 請求項1に記載の中性子遮蔽体において、前記金属マトリックス材は、アルミニウム、マグネシウム、チタン、ガドリニウム及びこれらの合金から成る群から選択されること、を特徴とする中性子遮蔽体。

3. 請求項1に記載の中性子遮蔽体において、前記1又はそれ以上の金属添加剤は、ケイ素、鉄及びアルミニウムから成る群から選択されること、を特徴とする中性子遮蔽体。

4. 請求項1に記載の中性子遮蔽体において、前記1又はそれ以上の金属添加剤は、前記金属マトリックス材を融解させることなく、該金属マトリックス材と金属間相を形成すること、を特徴とする中性子遮蔽体。

5. 請求項1に記載の中性子遮蔽体において、前記炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料は、

炭化ホウ素及び金属マトリックス材の乾燥粉末をジェットミルの中で混合して前記粉末を均一に混合する工程と、

前記粉末に高圧を加えることによって前記粉末を固化して、圧密された固形物を形成する工程と、

前記圧密された固形物を高い温度で焼結して、前記複合材料のインゴットを形成する工程とによって形成されること、を特徴とする中性子遮蔽体。

6. 請求項1に記載の中性子遮蔽体において、当該遮蔽体は、容器の形態であること、を特徴とする中性子遮蔽体。

7. 請求項1に記載の中性子遮蔽体において、当該遮蔽体は、板の形態であること、を特徴とする中性子遮蔽体。

8. 中性子遮蔽材料であって、

炭化ホウ素／アルミニウム合金の金属複合材料を含有し、該金属複合材料は、約10乃至30重量%の炭化ホウ素と、約70乃至90重量%の金属マトリックス材と、該金属マトリックス材と金属間結合を形成することによって前記アルミニウム合金の金属マトリックス材のキレート特性を改善するために使用される、約3重量%未満の1又はそれ以上の金属添加剤とから成る組成を有しており、前記金属複合材料は、鑄造可能、押し出し成形可能及び溶接可能であって、50 k p s i 以上の引張強度、45 k p s i 以上の降伏強度、及び、約2.5乃至2.8 g / c m<sup>3</sup>の密度を有していること、を特徴とする中性子遮蔽材料。

9. 鑄造可能及び押し出し成形可能な中性子遮蔽材料であって、

炭化ホウ素、金属マトリックス材及び1又はそれ以上の金属添加剤の各乾燥粉末を混合する工程と、

前記混合された粉末を加熱する工程と、

前記混合された粉末を加圧して圧密された固形物を形成する工程と、

前記混合された粉末及び前記圧密された固形物の脱ガスを真空中で行う工程と

、  
前記圧密された固形物を加熱して、該圧密された固形物を鑄造可能及び押し出し成形可能な中性子遮蔽材料のインゴットに変換する工程とから形成され、

当該中性子遮蔽材料は、約10乃至60重量%の炭化ホウ素と、約40乃至90重量%の金属マトリックス材と、該金属マトリックス材と金属間結合を形成することによって前記金属マトリックス材のキレート特性を改善するために使用される、約6重量%未満の1又はそれ以上の金属添加剤とから成る組成を有しており、

前記炭化ホウ素の中の約20%のホウ素が、自然に発生する同位体B<sup>10</sup>であって、中性子を効率的に吸収するように構成されたこと、を特徴とする鑄造可能及

び押出し成形可能な中性子遮蔽材料。

10. 請求項9に記載の鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料において、前記金属マトリックス材は、アルミニウム、マグネシウム、チタン、ガドリニウム及びこれらの合金から成る群から選択されること、を特徴とする鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料。

11 請求項9に記載の鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料において、前記1又はそれ以上の金属添加剤は、ケイ素、鉄及びアルミニウムから成る群から選択されること、を特徴とする鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料。

12. 請求項9に記載の鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料において、前記1又はそれ以上の金属添加剤は、前記金属マトリックス材を融解させることなく、該金属マトリックス材と金属間相を形成すること、を特徴とする鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料。

13. 請求項9に記載の鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料において、当該中性子遮蔽材料は、約10乃至30重量%の炭化ホウ素と、約70乃至90重量%のアルミニウム合金の金属マトリックス材と、該アルミニウム合金の金属マトリックス材と金属間結合を形成することによって前記アルミニウム合金のマトリックス材のキレート特性を改善するために使用される、約3重量%未満の1又はそれ以上の金属添加剤とから成る組成を有しており、当該中性子遮蔽材料は溶接可能であるように構成されたこと、を特徴とする鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料。

14. 請求項13に記載の鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料において、約2.5乃至2.8 g/cm<sup>3</sup>の密度を有すること、を特徴とする鑄造可能及び押出し成形可能な中性子遮蔽材料。

## 【発明の詳細な説明】

## 中性子の遮蔽に応用される金属マトリックス組成物

## 背景

概略的に言えば、本発明は、中性子を遮蔽するための材料に関する。より詳細に言えば、本発明は、中性子遮蔽体（中性子シールド）に使用される炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料に関する。

炭化ホウ素は、原子炉の分野で中性子を吸収するために一般的に使用されるセラミック材料である。ホウ素は、自然に発生する同位体（アイソトープ）である $B^{10}$ を有しており、この同位体は、中性子の効率的な吸収体であって、約4,000バーン（1バーン＝ $10^{-24}$  cm<sup>2</sup>）の中性子捕獲断面積を有している。一般的に、 $B^{10}$ は、ホウ素の約20%を構成し、残りは $B^{11}$ である。従って、化学量論的にホウ素に富む炭化ホウ素の化合物が、中性子吸収反応に適している。

炭化ホウ素は、十分に密な物体すなわち素地に圧密することができるが、完全に炭化ホウ素から構成された構造体は、破壊靱性が小さく、熱衝撃抵抗性が劣っている。従って、炭化ホウ素の中性子吸収特性を利用するために、炭化ホウ素は、ステンレス鋼のチューブに包まれて原子炉の炉心の中の制御棒として使用され、また、炭化ホウ素のペレットは、ジルコニウム／アルミニウム合金で被覆されて原子炉の可燃性ポイズン（可燃性毒物）として使用され、更に、強度の低い炭化ホウ素／アルミニウムのシートは、薄いアルミニウム合金のシートで被覆されて、廃核燃料を収容する鋼製のキャニスタをライニングするために使用されてきた。

理想的な中性子遮蔽材料は、軽量であり、高い熱伝導率を有し、熱衝撃に対して抵抗性を有し、腐食抵抗性を有し、その性質を劣化させることなく中程度から高い運転温度に耐えることができるようなものである。核廃棄物容器の如き構造的な遮蔽体あるいは原子力潜水艦の遮蔽要素に利用するために、理想的な材料は、また、所望の形状に製造可能であり、高い強度を有し、高い靱性を有し、脆性破壊を起こさないようなものである。

本発明は、炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料を中性子を遮蔽するため

に利用することを意図しており、上記金属複合材料は、金属マトリックス材から構成されており、該金属マトリックス材には、炭化ホウ素が添加されていて、中性子の吸収を行わせると共に、金属マトリックス材の強度及び硬度を含む機械的性質を改善している。後に説明するように、本発明の金属複合材料は、強度及び剛性が高いと共に、破壊抵抗性が高く、軽量であり、且つ、硬度が高く、また、疲労強度が高くて、中性子を遮蔽する用途において現在使用されている他の材料の組み合わせよりも他の重要な改善を達成する。また、本発明の金属複合材料は、所望の形状に容易に鑄造及び押し出し成形することができ、組成物のある範囲内において、溶接することもできる。

本発明が意図するような金属複合材料は、米国特許第5,486,223号に記載されており、この米国特許は、ここで参照することにより本明細書に組み込まれるものとする。

近年、金属複合材料は、剛性、強度及び磨耗の性質が改善されたので、以前よりも頻繁に使用されるようになってきている。基本的な金属複合材料は、一般的に、アルミニウム、チタン、マグネシウム、あるいはこれらの合金を用いて金属マトリックス材として形成されている。中性子を遮蔽する用途に関しては、金属マトリックス材としてガドリニウムを使用することもできる。選択されたパーセントのセラミック材料が特定の範囲内で金属マトリックス材に添加されて複合材料を形成する。代表的なセラミック添加剤としては、炭化ホウ素、炭化ケイ素、二ホウ化チタン、炭化チタン、酸化アルミニウム、及び、窒化ケイ素を挙げることができる。

最も良く知られた金属複合材料は、セラミック材料を溶融金属マトリックスに導入する通常のプロセスによって形成される。改善された性質を実現するために、上記溶融金属は、一般的に、セラミック材料の凝集を最小限にするように、セラミック材料を濡らすものでなければならない。溶融金属中のセラミック材料の分散を改善するために、成功度の異なる種々の方法が用いられてきた。

炭化ケイ素及びアルミニウムから成る金属複合材料においては、炭化ケイ素は、溶融アルミニウムの中で熱力学的に不安定であり、この不安定性は、溶融物が固化する間に、結晶粒界の界面に炭化アルミニウムの析出物を形成し、また、金

## 属

マトリックス中のケイ素の濃度を高めることになる。そのような現象は、その結果生ずる複合材料の機械的性質に悪影響を与えるものと考えられている。また、結晶粒界における炭化アルミニウムの形成及び偏析は、炭化ケイ素／アルミニウム金属マトリックスの複合材料の湿潤性に悪影響を与えるものと考えられている。

最近、粉末冶金による固化技術が、金属複合材料を製造する代用方法として出現し、そのような固化技術においては、ホットプレス法及び真空焼結法によって粉末を圧密させて、高密度のインゴットを形成する。その後のある種の成形技術及び焼結技術によって、99%の理論密度を有するインゴットを得ることができる。

炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料は、他の金属複合材料よりも優れた機械的及び構造的な性質を有する中性子遮蔽構造材料として独特の適合性を有している。炭化ホウ素は、極めて硬い周知の第3の材料であって、金属複合材料の硬度を高める役割を果たす。また、炭化ホウ素は、極めて軽量のセラミック材料であり、従って、金属複合材料の機械的性質をその重量を高めることなく改善するために使用することができる。

## 発明の目的及び概要

上述の問題点及び観点に鑑み、炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料から構成される中性子遮蔽体を提供することが、本発明の一つの目的である。

本発明の別の目的は、軽量で、破壊抵抗性を有し、極めて硬く、高い強度を有する、中性子を遮蔽するための炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料を提供することである。

本発明の更に別の目的は、溶接可能、鋳造可能且つ押し出し成形可能であり、従って、所望の形状に成形することのできる、中性子を遮蔽するための炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料を提供することである。

本発明の一つの観点によれば、中性子遮蔽体は、炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料から形成されており、その金属マトリックス材は、アルミニウム、

マグネシウム、チタン又はガドリニウムあるいはこれらの合金である。本複合材料は、炭化ホウ素及び金属マトリックス材の乾燥粉末を混合して前記粉末を均一

に混合する工程と、その後、上記粉末に高圧を加えて該粉末を固形体に変換し、この固形体を焼結して、押し出し成形、鋳造、鍛造、溶接を行って中性子を遮蔽するための構造体として製造することのできる、複合材料を成形する工程とによって、形成される。そのような構造体は、核廃棄物を保持するための容器、並びに、原子力潜水艦及び発電所で中性子遮蔽構造物として使用される荷重支持板を含む。

本発明の炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料は、他の金属複合材料とは異なり、溶融プロセスによって形成されるのではなく、炭化ホウ素の粉末を金属マトリックス材の粉末と乾式混合してこれら粉末を均一に混合することによって、形成される。上記粉末を十分に混合した後に、これら粉末に高圧及び熱を加えて、炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料の固形のインゴットに変換する。この複合材料は、7000シリーズのいずれのアルミニウム合金材料よりも、約60%軽い重量、約30%高い強度、約45%大きな剛性、及び、約50%高い破壊抵抗性を有することができる。また、本複合材料は、大部分の他の入手可能な金属複合材料よりも、約8%軽い重量、約26%高い強度、約5%大きな剛性、及び、約40%高い破壊抵抗性を有することができる。また、炭化ホウ素／アルミニウム合金金属マトリックスの複合材料は、約50乃至105 kpsiの引張強度、約45乃至100 kpsiの降伏強度、及び、約2.5乃至2.8 g/cm<sup>3</sup>の密度を示すことができる。更に、本複合材料は、クロム鋼とほぼ同じ硬度を有することができ、しかも、その密度は、アルミニウム又はアルミニウム合金よりも小さい。また、本複合材料は、容易に押し出し成形することができ、通常の金型インサートよりも大幅に長い寿命を示す二ホウ化チタンから形成されたインサートを有する金型を通して押し出し成形することができる。また、本複合材料から成るある種の組成物は、容易に溶接することもできる。実際に、後に説明するコーティングされた炭化ホウ素の微粒子は、溶融して溶融池に移動して非常に強い溶接継手を形成する傾向を有している。炭化ホウ素は、約2,450℃



の融点を有しており、アルミニウム合金の加工温度において化学的に不活性である。従って、本発明は、種々の形状の中性子遮蔽物を製造するのに極めて適しているばかりではなく、そのような遮蔽物を通常の溶接プロセスによって相互に接続す

るためにも適している。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態に従って複合材料の粉末成分を固化させるプロセスを説明する流れ図であり、

図2は、固化された粉末を焼結して金属複合材料のインゴットにするプロセスを説明する流れ図である。

#### 好ましい実施の形態の詳細な説明

同様の参照符号によって同じ又は同様の構成要素を示している添付の図面を参照して、本発明の好ましい実施の形態を以下に説明する。

本発明の一つの実施の形態において、中性子遮蔽材は、炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料から形成されており、その金属マトリックス材は、粉末の形態において約97%の純度を有するアルミニウム又はアルミニウム合金である。上記金属マトリックス材の残りは、クロム、銅、鉄、マグネシウム、ケイ素、チタン及び亜鉛の如き、極微量の種々の元素を含むことができる。複合材料を形成する際に使用される炭化ホウ素の粉末は、99.5%の純度を有していて、粒子径は一般的に、2乃至19 $\mu$ mの範囲にあり、その平均粒子径は、約5乃至8 $\mu$ mである。炭化ホウ素は、B<sub>4</sub>Cとして特徴づけることができ、約77%のホウ素及び約22%の炭素から構成されている。

複合材料は、金属マトリックスの粉末材料を炭化ホウ素の粉末と混合することにより形成される。炭化ホウ素の粉末には、約0.1乃至0.4重量%のケイ素と、約0.05乃至0.4重量%の鉄と、約0.05乃至0.4重量%のアルミニウムとが含まれており、これらの元素は、金属複合材料に使用されるように炭化ホウ素を改善するために添加される。上記元素は、通常、約6重量%未満の量で存在していて、その後の金属複合材料の処理の間に、溶液から出るのではなく

、炭化ホウ素と共に留まる。上述の添加剤は、金属マトリックス材と金属間結合を形成することにより、金属マトリックス材のキレート特性を改善する。極微量のマグネシウム、チタン及びカルシウムも上記添加剤に含めることができる。

本発明に使用することのできる炭化ホウ素の粉末の2つの代表的な半定量分析値が、下の表I及び表IIに示されている。しかしながら、純粋なアルミニウム

ケイ素及び鉄から成る上記各添加剤だけが、本明細書に述べる目的のために使用することのできる金属ではないことは、後に理解されよう。例えば、金属マトリックス材を融解させることなく金属間相を形成する事実上総ての低温金属を、上述の目的のために、本発明において使用することができる。

表 I

B	77.3%
Si	0.37%
Mg	0.0016%
Fe	0.026%
Al	0.18%
Cu	0.0021%
Ti	0.0088%
Ca	0.0049%
他の元素	(0)
C, O <sub>2</sub>	(残り)

表 II

B	77.7%
Si	0.14%
Mg	0.0017%
Fe	0.074%
Al	0.13%
Cu	ND 0.0002%

Ti	0.017%
Ca	0.0048%
他の元素	(0)
C, O <sub>2</sub>	(残り)

図1の流れ図に示すように、ステップS2において、炭化ホウ素の粉末及びアルミニウム又はアルミニウム合金の粉末を不活性ガス中において20乃至30r

pmで約2.5時間にわたって一緒に混合した後に、ステップS4において、上記粉末を約5乃至8トールの真空中において200℃で約1時間にわたって脱ガスし、その後、ステップS6において、上記粉末をラテックス袋の中に入れて約65,000psiの圧力で静水圧成形を行う。上記ラテックス袋は、脱ガスされてしっかりと閉じられ、ステップS8において、その圧力が少なくとも1分間にわたって上記値に維持される。次に、その結果生じたインゴットを上記袋から取り出して真空炉に入れ、直ぐ後に説明するように、焼結サイクルに供する。

図2の流れ図に示すように、ステップS10において、上記インゴットを20分間の傾斜期間の間に室温から300℃まで加熱して、結合剤及び水のバーンオフを行う。次に、ステップS12において、上記インゴットを15分間の傾斜期間の間に450℃まで加熱して、残留する総ての結合剤のバーンオフを行う。その後、ステップS14において、上記インゴットを40分間の傾斜期間の間に625℃まで加熱し、ステップS16において、45分間にわたって625℃に維持する。この時間の間に、密な結晶粒界が形成される。その後、ステップS18において、窒素ガスのバックフィル(backfill)を用いて上記インゴットを20分間の間に625℃から450℃まで冷却する。最後に、ステップS20において、窒素ガスを用いて上記インゴットを40℃/分以下の速度で室温まで冷却する。その結果生ずる炭化ホウ素/金属マトリックスの複合材料は、使用するアルミニウム合金の種類に応じて、あるいは、アルミニウムを金属マトリックス材に使用するか否かに応じて、約2.5乃至2.8g/cm<sup>3</sup>の範囲の密度を有する。

炭化ホウ素の粉末、及び、アルミニウム又はアルミニウム合金の金属マトリッ

クス粉末の代表的な相対重量寄与率は、炭化ホウ素が約10乃至60%で、金属マトリックスが約40乃至90%である。炭化ホウ素の含有率が約30重量%の炭化ホウ素よりも高くなると、その複合材料の中性子吸収効率が高くなるが、その複合材料の機械的及び構造的な性質を低下させる可能性があることに注意する必要がある。本発明の炭化ホウ素／金属マトリックスの複合材料の幾つかの代表的な組成は、以下の通りである。

1. アルミニウム合金6061の金属マトリックス、及び、20重量%の炭

化ホウ素から成る金属複合材料。この複合材料は、溶接可能、鋳造可能及び押し出し成形可能であって、約65kpsiの引張強度、及び、約60kpsiの降伏強度を示す。

2. アルミニウム合金7091の金属マトリックス、及び、20重量%の炭化ホウ素から成る金属複合材料。この複合材料は、溶接可能、鋳造可能及び押し出し成形可能であって、約100kpsiの引張強度、及び、約90kpsiの降伏強度を示す。

3. アルミニウム合金6061の金属マトリックス、及び、30重量%の炭化ホウ素から成る金属複合材料。この複合材料は、鋳造可能及び押し出し成形可能であって、約60kpsiの引張強度、及び、約60kpsiの降伏強度を示す。

4. アルミニウム合金7091の金属マトリックス、及び、30重量%の炭化ホウ素から成る金属複合材料。この複合材料は、鋳造可能及び押し出し成形可能であって、約105kpsiの引張強度、及び、約100kpsiの降伏強度を示す。

本発明の金属複合材料の押し出し成形作業は、インゴットを炉の中で約555℃で少なくとも1時間にわたって予熱する工程を含む。この工程は、通常、2つの段階で実行され、最初にインゴットを約315℃まで加熱し、その後、インゴットを555℃に到達するまで加熱する。その後、上記インゴットを上記炉から約490℃のチャンバ温度を有するのが好ましいチャンバの中に直接装填する。上記チャンバの中の面圧は、望ましい押し出し成形物の寸法に依存する。一般的

に、使用される圧力は、アルミニウム合金6061のインゴットに使用される押し出し圧力よりも約15乃至20%高い。例えば、本発明の金属複合材料から成る3.5インチ直径のインゴットは、約3,500psiのピーク圧力又はブレイクアウト(break out)圧力、及び、約3,000psiの定常状態の押し出し圧力で押し出すことができる。押し出し速度の平均値は、約15乃至30フィート/分であり、押し出しに使用されるラムの速度は、3.5インチ直径のインゴットに関して、毎分3.5インチ動くようにすべきである。

押し出された本発明の炭化ホウ素/アルミニウム合金金属マトリックスの複合

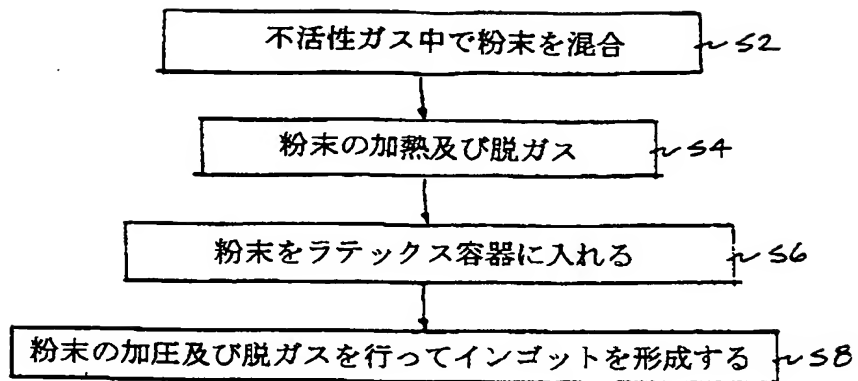
材料は、T6型のスケジュールを用いて熱処理されるのが好ましく、上記スケジュールは、一般的に、530℃で2時間の加熱作業、冷水による急冷作業、及び、175℃で10時間のエージングすなわち時効作業を含む。総ての溶接作業は、熱処理の前に行うのが好ましい。

本発明の中性子遮蔽複合材料は、使用済燃料アセンブリ及び他の核物質を収容するために使用されるキャニスタを製造するのに使用することができる。本発明の中性子遮蔽複合材料は、また、原子炉設備における遮蔽板として使用することができ、例えば、原子力潜水艦の遮蔽板として使用することができる。本発明の中性子遮蔽複合材料は、更に、核廃棄物を貯蔵するために使用される容器に使用することもできる。

上述の実施の形態は、本発明の代表的な例であって、本発明がそのような特定の実施の形態に限定されるものと解してはならない。添付の請求の範囲に明示される本発明の精神又は範囲から逸脱することなく、当業者は種々の変形及び変更を行うことができる。

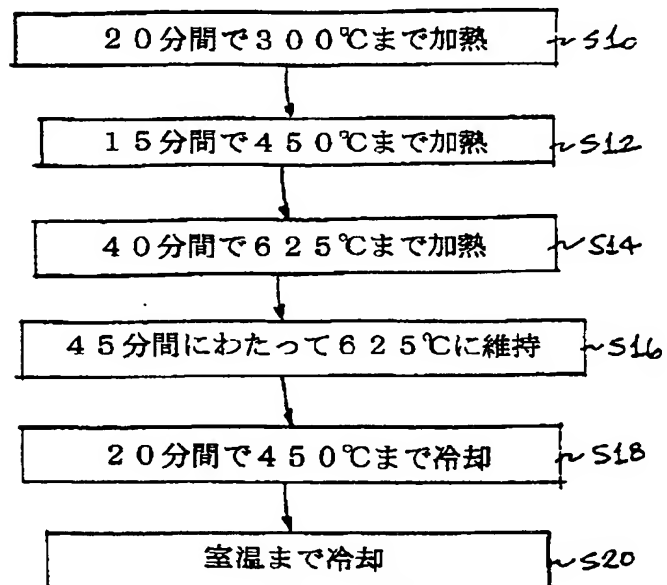
【図1】

Fig. 1



【図2】

Fig. 2



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/U897/09360

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(6) : B22F 3/10, 5/00 US CL : 75/236, 245, 249 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 75/236, 245, 249 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4,751,021 A (MOLLON et al.) 14 June 1988.	
A	US 4,644,171 A (MOLLON) 17 February 1987.	
A	US 4,605,440 A (HALVERSON et al.) 12 AUGUST 1986.	
A	US 5,333,156 A (LEMERCIER) 26 July 1994.	
A	US 5,273,709 A (HALVERSON et al.) 28 December 1993.	
A	US 5,156,804 A (HALVERSON et al.) 20 October 1992.	
A	GB 2,086,429 A (MCMARDY et al.) 12 May 1982.	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"B" earlier document published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"A" document member of the same patent family	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
18 AUGUST 1997	01 DEC 1997	
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231	Authorized officer <i>Deane Gooden</i> DANIEL JENKINS	
Facsimile No. (703) 305-3230	Telephone No. (703) 306-4157	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US97/09360

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2,157,316 A (ROCZYN) 23 October 1985.	



## フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード (参考)

C 2 2 C 32/00

C 2 2 C 32/00

V

G 2 1 C 7/24

G 2 1 C 7/24

Z

G 2 1 F 3/00

G 2 1 F 3/00

N